

## INFORME UIT-R M.358-5

### RELACIONES DE PROTECCIÓN E INTENSIDADES MÍNIMAS DE CAMPO NECESARIAS EN LOS SERVICIOS MÓVILES

(Cuestión 1/8)

(1966-1970-1974-1978-1982-1986)

#### 1. Servicios móviles terrestre y marítimo, en ondas métricas y decimétricas

##### 1.1 *Relaciones de protección basadas en el ruido interno y la distorsión del receptor*

La Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) ha definido la relación de protección como el valor mínimo, generalmente expresado en decibelios, de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor, determinado en condiciones especificadas, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor (número 164 del Reglamento de Radiocomunicaciones). Para más información sobre la definición, véase el Informe 525. Esta relación puede tomar distintos valores según el tipo de servicio que se desee.

Si bien no se ha presentado a la Comisión de Estudio 8 ninguna información relativa a mediciones subjetivas efectuadas en los servicios móviles terrestre y marítimo en ondas métricas y decimétricas, algunas administraciones han presentado resultados de mediciones realizadas en el laboratorio empleando señales de prueba apropiadas, de la degradación en la relación señal/ruido de la señal de prueba deseada, cuando a ésta se le superpone una señal interferente cocanal. Se toma como referencia la degradación de una relación señal/ruido inicial de 20 dB que se transforma en una relación «señal/ruido + interferencia» de 14 dB. Para algunos sistemas este grado de servicio es aceptable.

En las pruebas descritas por las diversas administraciones, las excursiones de frecuencia son iguales al 70% ó 60% de los valores máximos especificados y, en el caso de la modulación de amplitud, el porcentaje de modulación es del 70% ó 60%, tanto para las señales deseadas como para las interferentes. Del estudio de los documentos presentados, se llega a la conclusión de que puede haber diferencias en los valores medidos de las relaciones de protección del receptor de hasta de  $\pm 3$  dB, aproximadamente, debidas a ligeras variaciones en las condiciones de medición y a las características de los receptores utilizados en las distintas pruebas.

Una administración realizó pruebas para determinar la relación de protección en el caso en que una señal deseada G3E de banda estrecha es interferida por una señal F2B de impresión directa (véase la Recomendación 476) [CC1R, 1978-82]. La f.e.m. de la señal deseada a la entrada del receptor era de 2  $\mu$ V. En estas pruebas se ajustó el nivel de la señal F2B cocanal interferente de manera que su efecto subjetivo sobre la señal deseada fuese el mismo que el de una señal G3E cocanal de banda estrecha interferente atenuada en los 8 dB de la relación de protección indicada en el cuadro I para este caso. Las excursiones de frecuencia de cresta utilizadas con la señal F2B eran de  $\pm 1$ ,  $\pm 3$  y  $\pm 5$  kHz respectivamente. La subportadora era de 1500 Hz y el desplazamiento de frecuencia de 170 Hz. Se determinó que 12 dB es un valor representativo adecuado de la relación de protección, y por esta razón se incluye en el cuadro I.

Aunque la facultad del receptor para recibir la señal deseada depende de las características de la banda de paso del mismo, la diferencia de frecuencia entre la señal deseada y la señal interferente cocanal, de la excursión de frecuencia, etc., las relaciones de protección del receptor que se proponen en el cuadro I pueden utilizarse como base para el cálculo de las relaciones de protección del sistema para los sistemas móviles con una calidad mínima de servicio. Debe ofrecerse una protección adicional para contemplar los efectos de la propagación por trayectos múltiples y el ruido artificial, las irregularidades del terreno y, en caso de asignaciones muy poco espaciadas, la interferencia de los canales adyacentes (véase el Informe 319).

Cuando se utiliza modulación de frecuencia, el «efecto de captura» se refuerza a medida que aumenta la excursión de frecuencia de la señal deseada, por lo que un sistema F3E, G3E de banda ancha requiere menos protección que un sistema F3E, G3E de banda estrecha para el mismo tipo de fuente de interferencia.

Si se necesita mejor calidad de servicio convendrá tomar valores mayores para la relación de protección, especialmente en el caso de la transmisión de señales deseadas con modulación de amplitud.

##### 1.2 *Ruido artificial*

El ruido artificial disminuye la calidad de funcionamiento de un sistema móvil. Para mantener una determinada calidad del servicio, en presencia de ruido artificial es preciso aumentar el nivel de la intensidad de campo de la señal deseada. Mediante mediciones [US Advisory Committee, 1967] se ha podido comprobar que los vehículos de motor son la fuente principal de ruido artificial en frecuencias superiores a 30 MHz. Las demás fuentes de ruido son menos numerosas y, además, suelen radiar desde puntos fijos.

**CUADRO I – Relaciones de protección típicas del receptor, para utilizar en el cálculo de las relaciones de protección del sistema**

Emisión deseada (Nota 1)	Emisión interferente (Nota 1)	Relación de protección del receptor (dB)
Banda ancha F3E, G3E	Banda ancha F3E, G3E	Véase el Informe 319
Banda estrecha F3E, G3E	Banda estrecha F3E, G3E	Véase el Informe 319
Banda ancha F3E, G3E	A3E	8
Banda estrecha F3E, G3E	A3E	10
Banda estrecha F3E, G3E	De impresión directa F2B	12
A3E	Banda ancha F3E, G3E	8-17 (Nota 2)
A3E	Banda estrecha F3E, G3E	8-17 (Nota 2)
A3E	A3E	17

*Nota 1.* – Los sistemas F3E, G3E de banda ancha utilizan normalmente excursiones de frecuencia con valores máximos comprendidos entre  $\pm 12$  y  $\pm 15$  kHz.

Los sistemas F3E, G3E de banda estrecha que aquí se consideran, utilizan normalmente excursiones de frecuencia con valores máximos de  $\pm 4$  o  $\pm 5$  kHz.

En el caso de F2B, el valor corresponde a una excursión de frecuencia de cresta de  $\pm 5$  kHz. Las excursiones de frecuencia de  $\pm 3$  y  $\pm 1$  kHz no disminuyen considerablemente este valor.

*Nota 2.* – Dentro de los márgenes indicados, la relación de protección del receptor puede variar en función de la diferencia de frecuencia entre las portadoras de las emisiones deseada e interferente, y de la excursión de frecuencia de la emisión interferente. En general, la relación de protección aumentará cuando disminuya la excursión de frecuencia de la emisión interferente.

Para mayor facilidad de evaluación de la disminución de calidad de funcionamiento de un receptor de estación de base, las fuentes de ruido se clasifican como sigue:

- lugares con alto nivel de ruido: densidad de tráfico correspondiente a 100 vehículos/km<sup>2</sup> en un instante determinado;
- lugares con nivel medio de ruido: densidad de tráfico correspondiente a 10 vehículos/km<sup>2</sup> en un instante determinado;
- lugares con bajo nivel de ruido: densidad de tráfico correspondiente a 1 vehículo/km<sup>2</sup> en un instante determinado;
- fuentes de ruido concentrado (puntos críticos): ruido radiado desde fuentes independientes o desde fuentes múltiples próximas, normalmente situadas dentro de un radio de 500 m de la antena receptora; por ejemplo, una gran concentración de vehículos, plantas industriales, líneas de alta tensión defectuosas.

La fig. 1, contiene datos sobre ruido para estaciones de base situadas, respectivamente, en lugares de nivel de ruido alto, medio o bajo, presentados en forma de distribución de amplitud del ruido (en abscisas se indica el número de impulsos por segundo cuya amplitud iguala o excede el valor de la ordenada). La amplitud (*A*) (en dB(1  $\mu$ V/MHz)) de los impulsos de ruido con un ritmo de 10 por segundo viene dada por:

$$A = C + 10 \log V - 28 \log f$$

donde:

*C*: constante (valor provisional: 106 dB( $\mu$ V/MHz)),

*V*: densidad de tráfico (vehículos/km<sup>2</sup>),

*f*: frecuencia del canal (MHz).

También pueden representarse los datos sobre ruido correspondientes a fuentes concentradas en forma de distribución de amplitud de ruido, aunque, dada la gran variedad de fuentes de ruido, no sería todavía útil facilitar una lista clasificada.

La constante *C* depende de la atenuación de parásitos impuesta a los vehículos y puede variar también con la proporción de vehículos de transporte y de pasajeros, en caso de que no se aplique a los mismos igual nivel de atenuación. Se indica un valor provisional de 106 dB( $\mu$ V/MHz) que podrá modificarse a medida que se disponga de información más detallada.

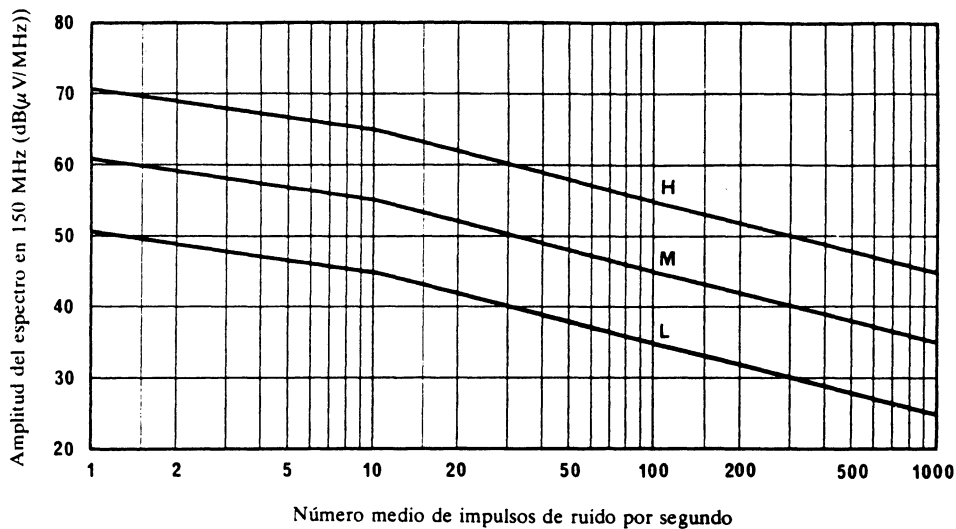


FIGURA 1 – Distribución de amplitud del ruido en una estación de base (150 MHz)

Para frecuencias distintas de 150 MHz, aumentense o disminúyanse las curvas H, M y L, de conformidad con la fórmula que figura a continuación.

En caso de 10 impulsos por segundo:

$$A = C + 10 \log V - 28 \log f$$

donde  $A$  se expresa en  $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{MHz})$

Curva H: lugar con alto nivel de ruido ( $V = 100$ )

Curva M: lugar con nivel medio de ruido ( $V = 10$ )

Curva L: lugar con nivel bajo de ruido ( $V = 1$ )

### 1.3 Distribución de la amplitud del ruido y determinación de la degradación

#### 1.3.1 Definiciones

##### 1.3.1.1 Distribución de la amplitud del ruido

Presentación de los valores de ruido impulsivo en términos de sus parámetros básicos de amplitud espectral y frecuencia de los impulsos.

##### 1.3.1.2 Amplitud del espectro

La suma vectorial de las tensiones producidas por un impulso en una anchura de banda dada, dividida por la anchura de banda.

##### 1.3.1.3 Frecuencia de los impulsos

El número de impulsos que rebasan una amplitud espectral determinada en un periodo de tiempo dado.

##### 1.3.1.4 Tolerancia al ruido impulsivo

La amplitud del espectro de los impulsos en una frecuencia de repetición de impulsos dada, en la cual el receptor, con una señal de entrada aplicada de niveles específicos, produce una relación señal/ruido normalizada en los terminales de salida.

### 1.3.2 *Determinación de la degradación*

La degradación de los receptores puede determinarse como sigue:

1.3.2.1 Midase la tolerancia del equipo receptor al ruido impulsivo, de conformidad con las normas aplicables de la CEI.

1.3.2.2 Midase la distribución de amplitud del ruido de conformidad con las normas aplicables de la CEI.

1.3.2.3 Superpónganse los gráficos de la tolerancia del receptor al ruido impulsivo y de la distribución de amplitud del ruido. En la fig. 7 se muestra un ejemplo.

### 1.4 *Valores mínimos de la intensidad de campo que deben protegerse*

En el servicio móvil terrestre, para frecuencias superiores a 30 MHz, los valores mínimos de intensidad de campo que deben protegerse están determinados por el ruido interno generado en el receptor, por el ruido artificial (debido principalmente al encendido de los vehículos a motor) y por los efectos de la propagación por trayectos múltiples que llega a, o parte de, los vehículos en movimiento. Se dispone ya de cierta información sobre los efectos de la densidad del tráfico. En el servicio móvil marítimo, el nivel del ruido artificial depende del número y de la naturaleza de las fuentes de alto nivel de ruido a bordo del barco.

Una medida adecuada del umbral de calidad de funcionamiento para receptores de banda estrecha la constituye un valor específico de la relación:

$$\frac{\text{señal} + \text{ruido} + \text{distorsión}}{\text{ruido} + \text{distorsión}}$$

El valor aceptado convencionalmente es 12 dB (véase la Recomendación 331).

Define la intensidad de campo mínima utilizable para cualquier instalación, en ausencia de ruido artificial.

Con la sensibilidad de los receptores normales, una señal de entrada de una f.e.m. de 0,7  $\mu\text{V}$  (suponiendo que la impedancia de entrada del receptor es de 50  $\Omega$ ) dará lugar a una relación:

$$\frac{\text{señal} + \text{ruido} + \text{distorsión}}{\text{ruido} + \text{distorsión}}$$

de 12 dB a la salida. El servicio móvil se caracteriza por amplias variaciones de la intensidad de campo, en función del espacio y del tiempo. Esas variaciones pueden representarse por una distribución log-normal, para la que es apropiada una desviación típica de 8 dB en ondas métricas y de 10 dB en ondas decimétricas, para irregularidades del terreno de 50 m (véase la Recomendación 370). Para determinar el valor mínimo de la intensidad mediana de campo que debe protegerse, es necesario especificar el porcentaje de tiempo durante el cual debe rebasarse la intensidad de campo mínima utilizable para diferentes grados de calidad de servicio. Para el servicio radiotelefónico móvil terrestre, una alta calidad de servicio requerirá que se rebase dicho valor durante el 99% del tiempo y para una calidad inferior (o normal) de servicio, durante el 90% del tiempo.

Los valores mínimos de la intensidad de campo que deben protegerse pueden determinarse subjetivamente teniendo en cuenta el ruido artificial y la propagación por trayectos múltiples. Los sistemas de encendido de los vehículos de motor suelen ser la fuente más importante de los ruidos artificiales. Las anulaciones del campo ocasionadas por la propagación por trayectos múltiples son causa de molestias semejantes a las ocasionadas por los sistemas de encendido. Cuando un equipo móvil se desplaza, ambas molestias se producen simultáneamente. En cambio cuando el equipo móvil permanece fijo sólo subsisten los efectos del ruido del receptor y del ruido artificial. La separación entre vehículos de motor es generalmente inferior en marcha lenta o con tráfico detenido y, en tales circunstancias, particularmente en las frecuencias más bajas, es superior la degradación de la señal en un equipo móvil parado que cuando está en movimiento.

Pueden emplearse las figs. 3 y 4 para determinar la degradación combinada de los efectos del ruido artificial y de la propagación por trayectos múltiples en vehículos en movimiento. Las cifras están basadas en pruebas subjetivas en las condiciones de tráfico experimentadas habitualmente por la mayoría de los vehículos móviles [FCC, 1973]. Las distintas condiciones son específicamente las de un vehículo que se desplaza en una zona de poco ruido, rodeado de otros vehículos, o que está parado y rodeado de otros vehículos parados o en movimiento.

La tendencia de las curvas de las figs. 3 y 4 a unirse en las frecuencias más elevadas se debe a que el efecto de degradación debido a los trayectos múltiples es casi constante con la frecuencia, mientras que el ocasionado por el ruido artificial disminuye con ésta.

Se define la degradación como el incremento necesario de la señal de entrada deseada para restablecer un grado particular de calidad de recepción impuesto únicamente por los efectos del ruido del receptor.

El grado de calidad de la señal se define como sigue:

Nota	Efecto de la interferencia
5	Casi nulo
4	Perceptible
3	Molesto
2	Muy molesto
1	Suficientemente molesto para que apenas pueda percibirse la palabra

} Conversación comprensible, aunque con creciente esfuerzo a medida que disminuye la calidad

En la Recomendación 370 puede encontrarse información sobre los valores de la intensidad de campo. Puede encontrarse información adicional en el documento del CCIR [1966-69] y en el artículo de Okumura y otros [1968].

Puede encontrarse también información sobre relaciones de protección y el campo mínimo que hay que proteger en el «Acuerdo particular entre las Administraciones de Bélgica, Países Bajos y la República Federal de Alemania, relativo al empleo de las ondas métricas y decimétricas para los servicios fijo y móvil en las zonas fronterizas, Bruselas, 1963» y en las Actas Finales de la Conferencia Regional Especial, Ginebra, 1960. También se encontrarán informaciones análogas en el Acuerdo entre las Administraciones de Telecomunicaciones de Austria, República Federal de Alemania, Italia y Suiza, Viena, 1969.

El documento CCIR [1963-66] trata de las cuestiones anteriores para valores de la relación señal/ruido a la salida del receptor de 30 y 40 dB.

Hasta que se disponga de valores basados en el ruido artificial y en los efectos de la propagación por trayectos múltiples, pueden usarse para las estaciones portátiles los valores mínimos y medianos de intensidad de campo calculados, que se muestran en la fig. 2.

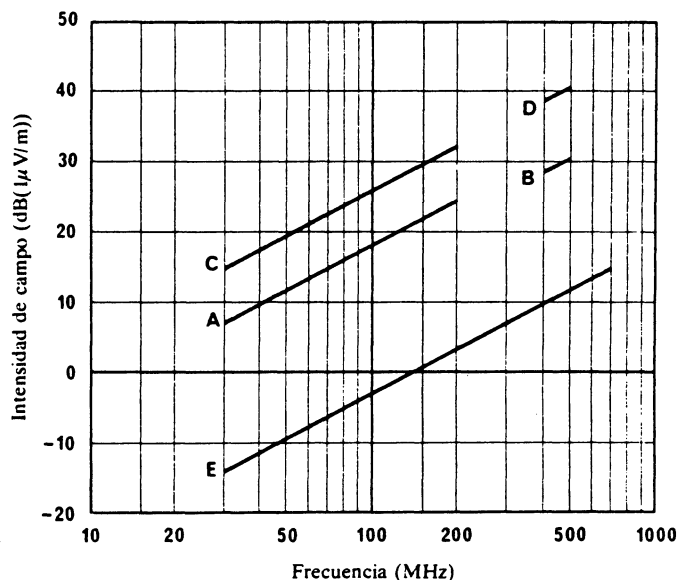


FIGURA 2 – Intensidad de campo mínima utilizable y mediana – Estaciones portátiles  
(Valores basados en una señal de entrada mínima utilizable con una f.e.m. de 0,7 μV en ausencia de ruido artificial)

Valores supuestos: ganancia de la antena (dB)  $\left\{ \begin{array}{l} A \text{ y } C: -9 \text{ dB} \\ B \text{ y } D: -6 \text{ dB} \end{array} \right.$

- A, B: valor mediano para un servicio de calidad normal
- C, D: valor mediano para un servicio de alta calidad
- E: intensidad de campo mínima utilizable (antena dipolo)

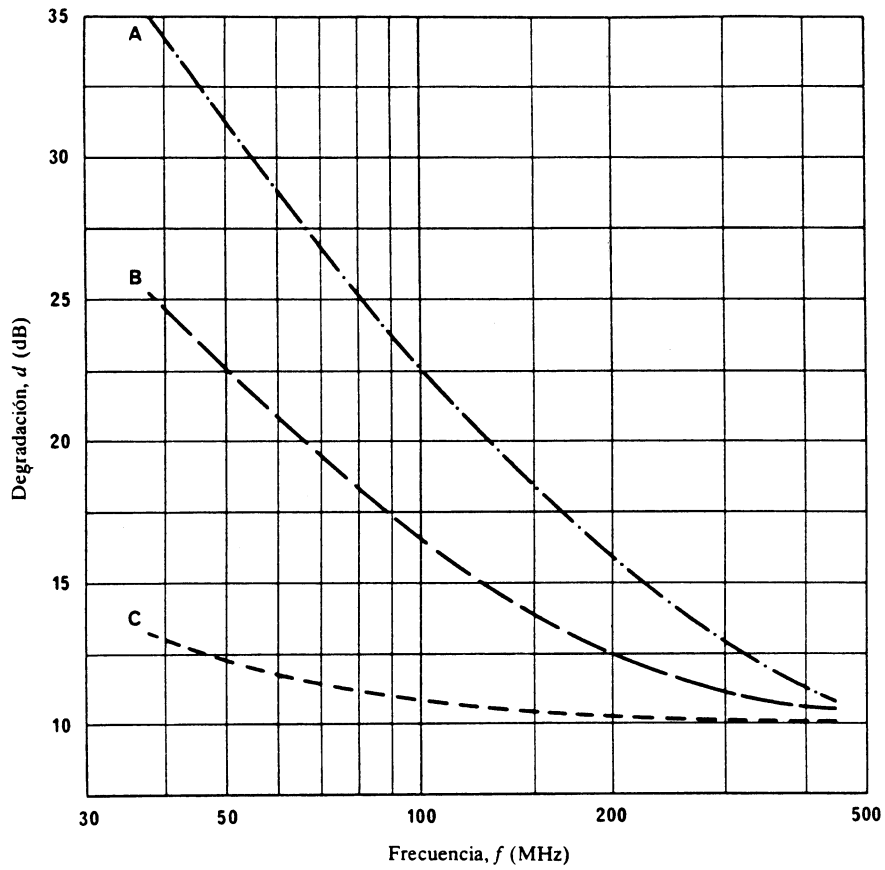


FIGURA 3 – Variación de la degradación de la calidad de recepción en una estación móvil, y valores mínimos de intensidad de campo que han de protegerse, para una señal de calidad nota 4 y una sensibilidad del receptor de  $0,7 \mu V$  (f.e.m.)

$$\text{Intensidad de campo} = -41 + d + 20 \log f \quad \text{dB}(\mu V/m)$$

- A: vehículo parado en una zona de mucho ruido
- B: vehículo en movimiento en una zona de mucho ruido
- C: vehículo en movimiento en una zona de poco ruido

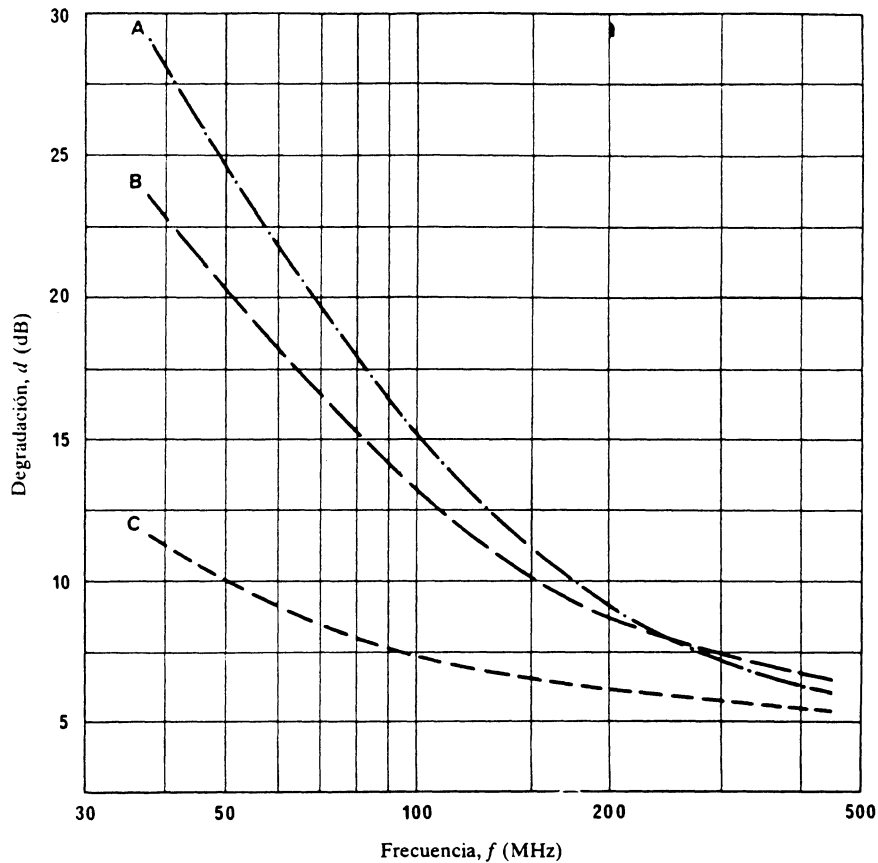


FIGURA 4 – Variación de la degradación de la calidad de recepción en una estación móvil, y valores mínimos de intensidad de campo que han de protegerse para una señal de calidad nota 3 y una sensibilidad del receptor de  $0,7 \mu V$  (f.e.m.)

$$\text{Intensidad de campo} = -41 + d + 20 \log f \quad \text{dB}(\mu V/m)$$

- A: vehículo parado en una zona de mucho ruido
- B: vehículo en movimiento en una zona de mucho ruido
- C: vehículo en movimiento en una zona de poco ruido

Las figs. 5 y 6 pueden servir para determinar la degradación de la recepción en la estación de base, debida al ruido de encendido y a la propagación por trayectos múltiples.

Las curvas A y B de las figs. 5 y 6 indican la degradación combinada causada por el efecto de propagación por trayectos múltiples y el ruido de encendido, para densidades de tráfico intensa y moderada. La velocidad de los vehículos era de unos 80 km/hora. Las curvas D y E indican la degradación causada por el ruido de encendido solamente; mientras que la curva C muestra la degradación causada por la propagación por trayectos múltiples únicamente.

Los resultados presentados se obtuvieron a 23,5 m de distancia de una vía pública de mucho tráfico. Excepción hecha del ruido de encendido creado por el tráfico, no existían perturbaciones en el lugar de ubicación de la estación de base. Se obtuvieron las curvas A y B emitiendo la señal deseada desde un vehículo en movimiento. En este caso, la degradación se basa en los valores medianos de tensión en los terminales de entrada del receptor. Las curvas D y E indican únicamente el efecto del ruido de encendido cuando la unidad móvil está parada. En este caso, se obtuvo la señal deseada mediante un generador de señales. Se obtuvo la curva C insertando una atenuación suficiente en los terminales de entrada del receptor para eliminar los impulsos de ruido producidos por el encendido del motor. Se compensó la mayor atenuación transmitiendo una señal más intensa desde la unidad móvil.

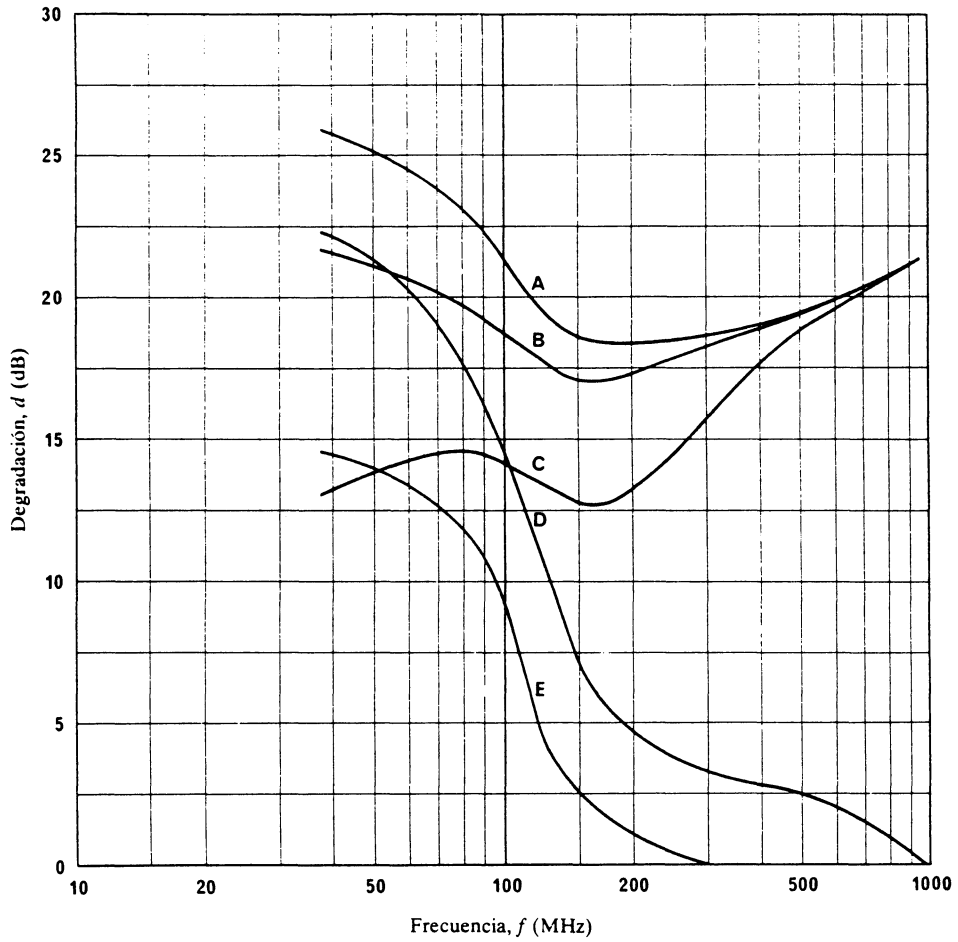


FIGURA 5 – Variación de la degradación de la calidad de recepción en una estación de base, y valores mínimos de intensidad de campo que han de protegerse para una señal de calidad nota 4 y una sensibilidad del receptor de  $0,7 \mu V$  (f.e.m.)

$$\text{Intensidad de campo} = -41 + d + 20 \log f \quad \text{dB}(\mu V/m)$$

- A: vehículo en movimiento, la densidad del tráfico es de 2 vehículos/s
- B: vehículo en movimiento, la densidad del tráfico es de 1 vehículo/s
- C: vehículo en movimiento, no hay ruido de encendido ni ruido ambiental
- D: vehículo parado, la densidad del tráfico es de 2 vehículos/s
- E: vehículo parado, la densidad del tráfico es de 1 vehículo/s



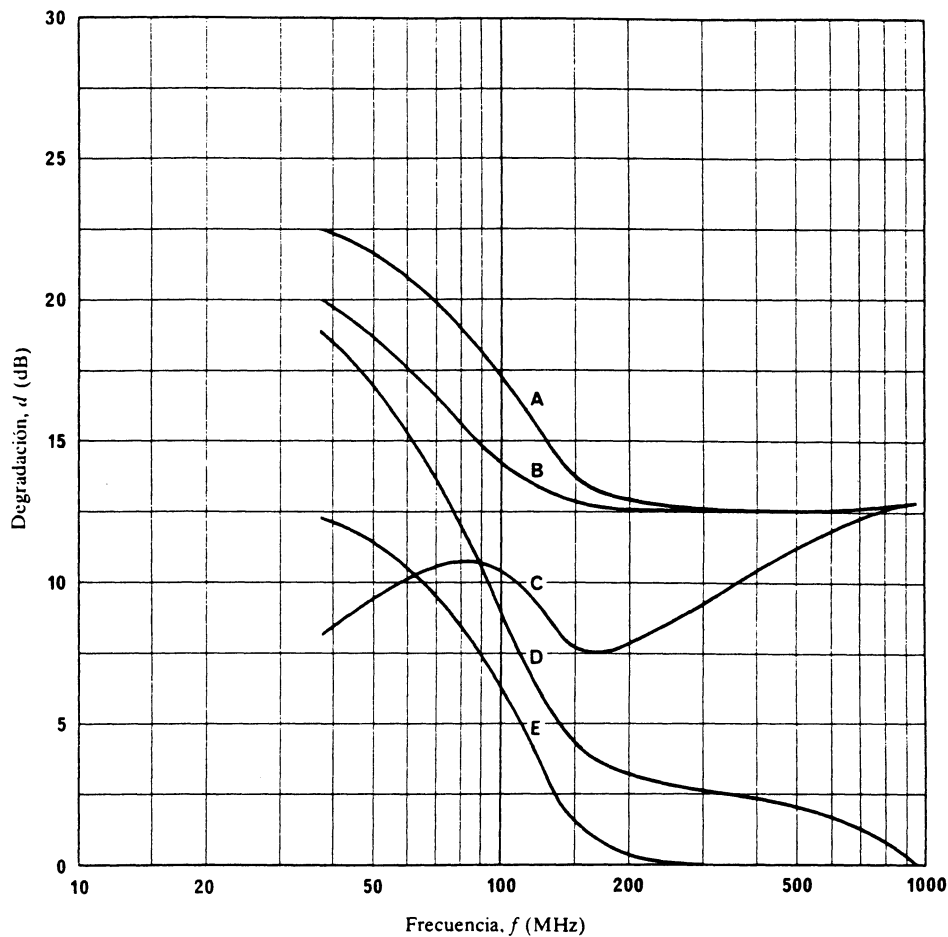


FIGURA 6 – Variación de la degradación de la calidad de recepción en una estación de base, y valores mínimos de intensidad de campo que han de protegerse para una señal de calidad nota 3 y una sensibilidad del receptor de  $0,7 \mu V$  (f.e.m.)

$$\text{Intensidad de campo} = -41 + d + 20 \log f \quad \text{dB}(\mu V/m)$$

- A: vehículo en movimiento, la densidad del tráfico es de 2 vehículos/s
- B: vehículo en movimiento, la densidad del tráfico es de 1 vehículo/s
- C: vehículo en movimiento, no hay ruido de encendido ni ruido ambiental
- D: vehículo parado, la densidad del tráfico es de 2 vehículos/s
- E: vehículo parado, la densidad del tráfico es de 1 vehículo/s

En unos 450 MHz, la degradación de la recepción en la estación de base debida a la propagación por trayectos múltiples es mayor que cuando se trata de una estación móvil. Esto obedece sobre todo al mayor nivel del ruido acústico ambiente, en la unidad móvil, en comparación con el de la estación de base. El ruido acústico del tráfico enmascara el efecto de la degradación debida a la propagación por trayectos múltiples, reduciendo así el nivel de la señal necesario, a la entrada del receptor, para obtener una calidad determinada.

## 2. Servicio móvil marítimo en ondas decamétricas

La cuestión de la relación de protección y de la intensidad de campo mínima a proteger en el servicio móvil marítimo en ondas decamétricas para las diversas clases de emisión utilizadas por este servicio, debe estudiarse más. La Comisión de Estudio 8 ha facilitado a la IFRB información provisional por lo que respecta a los parámetros mencionados, en relación con la radiotelefonía en ondas decamétricas (véase el Informe 748).

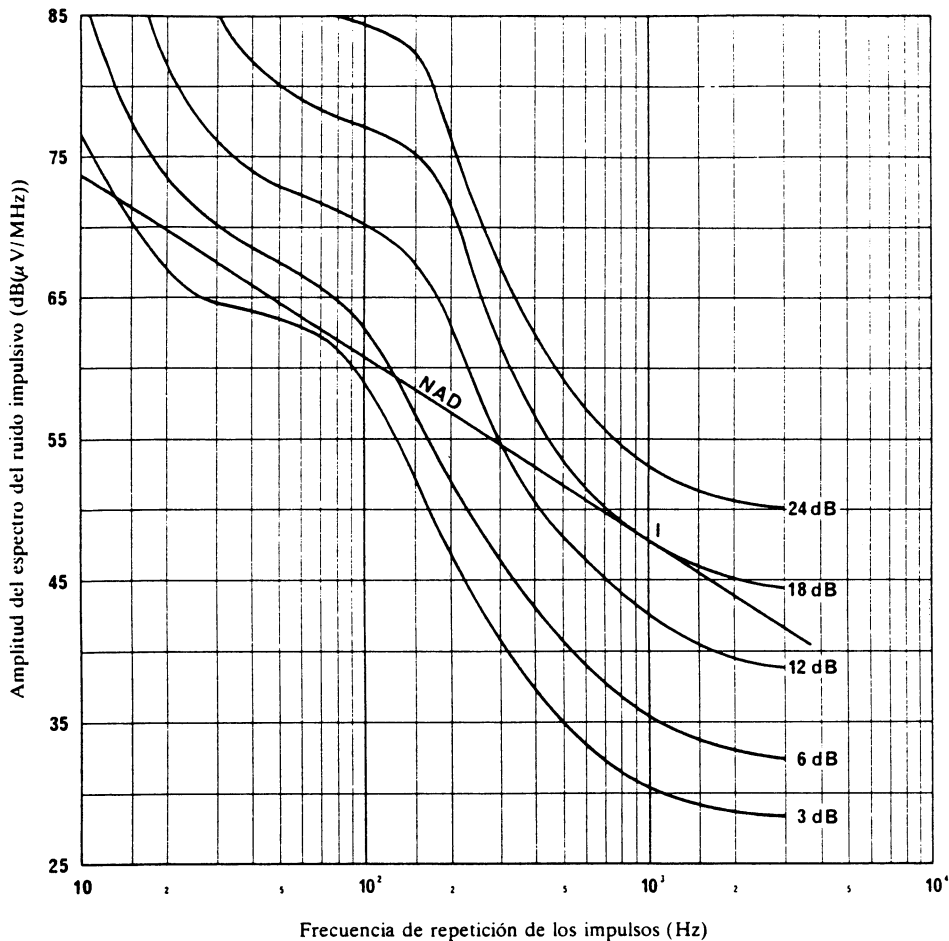


FIGURA 7 – Ejemplo que muestra la tangente de la distribución de la amplitud del ruido de degradación de 18 dB en el punto I de la curva de 18 dB del gráfico, para la tolerancia del receptor al ruido impulsivo

### 3. Conclusiones

Es necesario emprender importantes trabajos complementarios en relación con los puntos 1 y 2 anteriores, con objeto de determinar mejor las relaciones de protección y los valores de intensidad de campo a proteger más convenientes, así como también establecer y describir los métodos de medición que conviene adoptar.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FCC [agosto de 1973] Degradation of mobile radio reception at UHF and VHF, Research Division. Report N.º R-7302.  
OKUMURA, Y., OHMORI, E., KAWANO, T. y FUKUDA, K. [septiembre-octubre de 1968] Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service. *Rev. Elec. Comm. Lab. NTT*, Vol. 16, 9-10, 825-873.  
US ADVISORY COMMITTEE [1967] Man-made noise. Report from Working Group 3 of the Advisory Committee for the Land Mobile Radio Services, Vol. 2. Parte 2, 0-281-851 US Govt. Printing Office Washington, DC 20402, Estados Unidos de América.

#### Documentos del CCIR

- [1963-66]: XIII/88 (Japón).  
[1966-69]: XIII/146 (Japón); XIII/149 (Japón).  
[1978-82]: 8/3 (Alemania (República Federal de)).